



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 08 986 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
B 29 C 44/50
B 29 C 44/60

②① Aktenzeichen: 197 08 986.0
②② Anmeldetag: 5. 3. 97
④③ Offenlegungstag: 10. 9. 98

DE 197 08 986 A 1

⑦① Anmelder:
Herrmann, Torsten, 81543 München, DE;
Schürmann, Erich, Prof. Dr.-Ing., 48324
Sendenhorst, DE; Herrmann, Jürgen, 82152
Planegg, DE; Thiele, Norbert, 28205 Bremen, DE

⑦④ Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Extrusionsvorrichtung

⑤⑦ Eine Extrusionsvorrichtung, insbesondere zur Herstellung eines aufgeschäumten Polymers, weist wenigstens eine Extruderschnecke zum Transport zumindest eines durch eine Einspeiseeinrichtung zugegebenen Polymers, eine Zufuhreinrichtung zum Zuführen eines Treibmittels nach Aufschmelzen des Polymers, eine Mischeinrichtung zum Mischen von Polymerschmelze und Treibmittel, eine Drossel zur Erzeugung eines Druckabfalls in der zugeführten Polymer/Treibmittelmischung und ein Extrusionswerkzeug auf.

Um die Vorrichtung insgesamt konstruktiv einfacher und preiswerter zu gestalten, wobei gleichzeitig eine erhöhte Anpaßbarkeit an unterschiedliche Prozeßbedingungen und/oder Aufbau- und Umbauerfordernisse möglich ist, sind Extruderschnecke und Einspeiseeinrichtung in einem Extruder angeordnet und Zufuhreinrichtung, Mischeinrichtung, Drossel und Extrusionswerkzeug sind als am Ausspeisungsende des Extruders anschließbare Einzelmodule ausgebildet.

DE 197 08 986 A 1

Die Erfindung betrifft eine Extrusionsvorrichtung, insbesondere zur Herstellung eines aufgeschäumten Polymers, mit wenigstens einer Extruderschnecke zum Transport zumindest eines durch eine Einspeiseeinrichtung zugegebenen Polymers, einer Zuführeinrichtung für ein Treibmittel nach Aufschmelzen des Polymers, einer Mischeinrichtung zum Mischen von Polymerschmelze und Treibmittel, einer Drossel zur Erzeugung eines Druckabfalls in der zugeführten Polymer/Treibmittelmischung und einem Extrusionswerkzeug.

Eine solche Extrusionsvorrichtung ist aus der DE 195 21 520 bekannt. Bei der vorbekannten Vorrichtung sind alle vorangehend genannten Einheiten der Extrusionsvorrichtung in einem Extruder zusammengefaßt und hintereinander in Transportrichtung angeordnet.

Durch die Einspeiseeinrichtung wird der Extruderschnecke wenigstens ein Polymer zugeführt und anschließend geschmolzen. Der Polymerschmelze wird über die Zuführeinrichtung ein Treibmittel, wie CO₂, N₂ oder dergleichen, zugeführt und anschließend werden Polymerschmelze und Treibmittel in der Mischeinrichtung miteinander vermischt, um eine möglichst einphasige Mischung bzw. Lösung herzustellen.

In der DE 195 21 520 ist insbesondere beschrieben, wie durch Steuerung einer Drossel am Ausgangsende der Mischeinrichtung ein plötzlicher Druckabfall in der Polymer/Treibmittel-Mischung unabhängig von einer eingestellten Durchflußrate erzielt wird. Durch diese spezielle Steuerung der Drossel sind Druckabfall und Durchflußrate voneinander entkoppelt, wodurch insbesondere die Keimbildungsrate konstant gehalten werden kann. Aufgrund der konstanten Druckabfallrate und Keimbildungsrate erfolgt die Keimbildung homogen über den gesamten Querschnitt der Ausgabeöffnung der Drossel. Dadurch ergibt sich beim aufgeschäumten Polymer eine höhere und gleichmäßigere Zelllichte, wobei das aufgeschäumte Polymer eine mikrozelluläre oder submikrozelluläre Struktur von guter Qualität und ohne Einschränkung bei der Formgebung aufweist. Bezüglich der Wirkungsweise der Drossel und deren Steuerung wird ausdrücklich auf die DE 195 21 520 verwiesen, wobei die Vorteile der Drossel und ihre Steuerung ebenso bei der vorliegenden Anmeldung gelten.

Nachteilig bei der DE 195 21 520 ist, daß die Extrusionsvorrichtung insgesamt konstruktiv relativ aufwendig und teuer ist, da die Extrusionsvorrichtung bzw. der Extruder insgesamt nur zur Herstellung von aufgeschäumten Polymer mit mikrozellulärer oder submikrozellulärer Struktur eingesetzt werden kann. Weiterhin ist aufgrund der gesamten Aufbau der Extrusionsvorrichtung eine individuelle Anpassung oder Einstellung auf unterschiedliche Prozeßbedingungen und eine Ausbaubarkeit oder Umbaubarkeit der Extrusionsvorrichtung gar nicht oder nur in geringem Maße möglich.

Dem Anmeldungsgegenstand liegt daher die Aufgabe zugrunde, die eingangs genannte Extrusionsvorrichtung dahingehend zu verbessern, daß die Vorrichtung insgesamt konstruktiv einfacher und preiswerter wird, wobei gleichzeitig eine erhöhte Anpaßbarkeit an unterschiedliche Prozeßbedingungen und/oder Aufbau- und Umbauerfordernisse möglich ist.

Diese Aufgabe wird bei der erfindungsgemäßen Extrusionsvorrichtung dadurch gelöst, daß Extruderschnecke und Einspeiseeinrichtung in einem Extruder zusammengefaßt sind und Zuführeinrichtung, Mischeinrichtung, Drossel und Extrusionswerkzeug als am Ausspeisungsende des Extruders anschließbare Einzelmodule ausgebildet sind.

Dadurch kann jeder bereits vorhandene Extruder für thermoplastische bzw. thermoelastische Kunststoffe, wie z. B. ein Schneckenextruder mit oder ohne genuteter Einzugszone, ein Doppelschneckenextruder, eine Schneckenpresse verwendet werden, um durch zusätzlichen Anbau aller oder zumindest einiger der Einzelmodule zur Herstellung von aufgeschäumten Polymer mit mikrozellulärer oder submikrozellulärer Struktur umgebaut zu werden. Dies vereinfacht den Aufbau des Extruders an sich und reduziert die Kosten, da die bereits vorhandene Einrichtung durch die Einzelmodule in einfacher Weise umgebaut werden kann. Weiterhin kann die Extrusionsvorrichtung durch entsprechende Anordnung von mehr oder weniger Einzelmodulen an unterschiedliche Prozeßbedingungen leicht angepaßt und durch Austausch oder zusätzliches Anordnen von Einzelmodulen schnell und einfach umgebaut werden. Der eigentliche, Extrusionsschnecke und Einspeiseeinrichtung für zumindest ein Polymer aufweisende Extruder wird in diesem Zusammenhang nur zum Aufschmelzen des Polymers in an sich bekannter Weise eingesetzt.

Sollte der Druck in der vom Extruder zugeführten Polymerschmelze zu gering für eine Weiterverarbeitung in den nachgeschalteten Einzelmodulen sein, kann vorteilhafterweise am Ausspeisungsende des Extruders in Transportrichtung stromabwärts als erstes angeschlossene Einzelmodul eine erste Druckerhöhungseinrichtung angeordnet werden. Eine solche Druckerhöhungseinrichtung kann als aktive Einrichtung, beispielsweise als Pumpe, ausgebildet sein. Durch diese wird der in der vom Extruder ausgegebenen Polymerschmelze herrschende Druck auf einen für die Weiterverarbeitung durch die anschließenden Einzelmodule erforderlichen Druck erhöht oder gegebenenfalls auch erniedrigt.

Um die Einzelmodule in einfacher Weise miteinander und auch mit dem Extruder verbinden zu können, sind Anschlußflansche an diesen angeordnet oder zwischen diesen beim Zusammenbau anordbar. Über die Anschlußflansche kann in üblicher Weise, wie beispielsweise durch Verschrauben oder dergleichen, eine Verbindung der Einzelmodule miteinander und auch mit dem Ausspeisungsende des Extruders hergestellt werden. Die Anschlußflansche können auch als separate Bauteile ausgebildet sein, wobei insbesondere der Anschlußflansch zwischen Extruder und dem ersten an diesem zu befestigenden Einzelmodul als Adapteranschlußflansch ausgebildet sein kann. Dieser kann für jedem Extruder passend ausgewählt werden und einen Übergang zu den Einzelmodulen herstellen. Weiterhin können Anschlußflansche als Einzelbauteile und Anschlußflansche an den Enden von Extruder und/oder Einzelmodulen miteinander kombiniert werden.

Um die Flexibilität der mittels der Einzelmodule gebildeten verschiedenen Einrichtungen weiterhin zu erhöhen, kann beispielsweise das die Mischeinrichtung bildende Einzelmodul aus Untermodulen zusammengesetzt sein. Dadurch kann in Abhängigkeit von dem verwendeten Polymer oder der verwendeten Polymermischung oder anderer Prozeßbedingungen beispielsweise die Mischeinrichtung mehr oder weniger lang mit mehr oder weniger verschiedenen Mischelementen oder dergleichen ausgebildet sein.

Zur Steuerung bzw. Regelung des Drucks in der Mischeinrichtung oder anschließend an diese kann zwischen den Untermodulen der Mischeinrichtung und/oder am in Transportrichtung stromabwärts gelegenen Ende der Mischeinrichtung wenigstens eine zweite Druckerhöhungseinrichtung, insbesondere eine Pumpe, als weiteres Einzelmodul angeordnet sein. Durch diese kann der Druck in der homogen vermischten Polymerschmelze zur weiteren Verarbeitung optimal angepaßt werden.

Um ein der Polymerschmelze zugesetztes und beispiels-

weise durch die erste Mischeinrichtung homogen in der Polymerschmelze verteiltes Treibmittel zur Bildung einer einphasigen Schmelze/Treibmittel-Lösung zu veranlassen, kann zwischen der ersten Mischeinrichtung bzw. der zweiten Druckerhöhungseinrichtung und der Drossel wenigstens ein als Einzelmodul ausgebildeter Diffusor angeordnet sein. Dieser ist entsprechend durch die obengenannten Anschlußflansche mit den anderen Einzelmodulen verbindbar.

Auch das den Diffusor bildende Einzelmodul kann aus verschiedenen Untermodulen zusammengesetzt sein, die je nach Erfordernissen in entsprechender Zahl ausgewählt und zusammengesetzt werden.

Beispielsweise kann in dem den Diffusor bildenden Einzelmodul eine zweite Mischeinrichtung zusätzlich angeordnet sein. Dadurch wird eine weitere Homogenisierung der Schmelze/Treibmittel-Mischung erreicht.

In diesem Zusammenhang ist es ausreichend, wenn die zweite Mischeinrichtung in wenigstens einem Untermodul des Diffusors angeordnet ist. Selbstverständlich können die zweite Mischeinrichtung und der Diffusor auch durch separate Untermodule gebildet sein, wodurch die Misch- und Diffusionszone exakt voneinander getrennt und individuell einstellbar sind.

Je nach Erfordernis kann als weiteres Einzelmodul wenigstens eine dritte Druckerhöhungseinrichtung, insbesondere eine Pumpe, zwischen den Untermodulen für die zweite Mischeinrichtung und/oder den Diffusor angeordnet sein.

Zur Herstellung von aufgeschäumtem Polymer mit mikrozellulärer oder submikrozellulärer Struktur ist es insbesondere günstig, wenn die Drossel wenigstens zwei drehbar angetriebene, ineinanderkämmende Zahnräder aufweist. Zu weiteren Ausführungen zu einer solchen, ähnlich einer Zahnräderpumpe aufgebauten Drossel wird nochmals ausdrücklich auf die eingangs als Gattung genannte DE 195 21 520 verwiesen. Dabei können die Zahnräder mechanisch, elektrisch oder andersartig angetrieben werden.

Um den Druck an verschiedenen Stellen der Extrusionsvorrichtung als Prozeßparameter zu überwachen und gegebenenfalls zu steuern oder zu regeln, können Drucksensoren zumindest den Eingangs- und Ausgangsseiten der Druckerhöhungseinrichtungen und/oder der Drossel zugeordnet sein.

Eine einfache Zuordnung eines Drucksensors ist dadurch gegeben, wenn ein solcher in einem entsprechenden Anschlußflansch angeordnet ist. Dies kann beispielsweise in den eingangs genannten, separaten Anschlußflanschen erfolgen. Allerdings kann ein Drucksensor auch in einem an dem entsprechenden Einzelmodul ausgebildeten Anschlußflansch angeordnet sein. Letzteres ist beispielsweise bei den Druckerhöhungseinrichtungen von Vorteil, da in der Regel deren Eingangs- und Ausgangsdruck gemessen wird.

Während der Verarbeitung der Polymerschmelze durch die Extrusionsvorrichtung kann eine zusätzliche Aufheizung der Polymerschmelze in einem oder mehreren Einzel- oder Untermodulen erforderlich sein. Dazu kann in wenigstens einem Einzel- und/oder Untermodul eine Heizeinrichtung angeordnet sein.

Durch die verschiedenen, möglichen Druckerhöhungen in der Polymerschmelze bzw. in dem Polymer/Treibmittel-Gemisch und dessen Verarbeitung durch Mischer oder dergleichen kann die Temperatur der Mischung für die weitere Verarbeitung ungünstig hohe Werte annehmen, so daß in wenigstens einem Einzel- und/oder Untermodul eine Kühleinrichtung angeordnet sein kann.

Um die Temperatur im geschmolzenen Polymer bzw. in der Polymer/Treibmittel-Mischung kontrollieren und gegebenenfalls durch Heizeinrichtungen und/oder Kühleinrich-

tungen steuern bzw. regeln zu können, kann wenigstens ein Temperatursensor einem Einzel- und/oder Untermodul zugeordnet sein.

Bei dem Temperatursensor kann es ebenfalls von Vorteil sein, wenn dieser in einem Anschlußflansch, einteilig mit einem Modul oder separat zu diesem angeordnet ist. Bei von den verschiedenen Modulen separaten Anschlußflanschen und der Anordnung von Drucksensoren oder Temperatursensoren in diesen, bilden solche Anschlußflansche im Prinzip eigene Module, die je nach Erfordernis zwischen den übrigen Einzel- und/oder Untermodulen der Extrusionsvorrichtung anordbar sind.

Um die entsprechenden Druck- und Temperaturwerte bestimmen und gegebenenfalls zur Steuerung oder Regelung der Extrusionsvorrichtung einsetzen zu können, kann eine erste Regeleinrichtung mit den Druck- und Temperatursensoren zur Bestimmung der jeweiligen Werte verbindbar sein.

Um weitere Prozeßparameter der Extrusionsvorrichtung bestimmen zu können, kann die erste Regeleinrichtung außerdem mit den als Zahnräderpumpen ausgebildeten Druckerhöhungseinrichtungen und/oder dem Extruder und/oder der Drossel zugeordneten Drehzahlaufnehmer verbindbar sein. Wie bereits bei den Druck- und Temperaturwerten können die entsprechenden Drehzahlwerte nicht nur ermittelt, sondern durch die Regeleinrichtung auch zur Steuerung oder Regelung der Extrusionsvorrichtung verwendet werden.

Um dem geschmolzenen Polymer in Abhängigkeit der verschiedenen Prozeßparameter, wie beispielsweise auch der Art des Treibmittels, eine ausreichende Treibmittelmenge zuzuführen, kann die erste Regeleinrichtung zur Dosierung des Treibmittels mit der Treibmittelzuführeinrichtung verbindbar sein. Aus Redundanzgründen oder zur getrennten Überwachung der Treibmittelzuführeinrichtung, kann eine zweite Regeleinrichtung entsprechend zur ersten Regeleinrichtung mit Drehzahlaufnehmern, Temperatursensoren und/oder Drucksensoren oder zumindest zur Dosierung des Treibmittels mit der Treibmittelzuführeinrichtung verbindbar sein.

Um die Treibmittelzufuhr insbesondere in Abhängigkeit von der durch den Extruder zugeführten Menge der Polymerschmelze und/oder auch in Abhängigkeit von der Transportgeschwindigkeit der Polymerschmelze bzw. dem Polymer/Treibmittel-Gemisch in den Einzelmodulen und Untermodulen steuern bzw. regeln zu können, kann die zweite Regeleinrichtung weiterhin mit den Drehzahlaufnehmern und/oder der ersten Regeleinrichtung verbindbar sein.

Der Ort der Zusp eisung des Treibmittels ist dadurch in einfacher Weise variierbar, daß eine mit der Treibmittelzuführeinrichtung verbundene Einspritzöffnung in einem Anschlußflansch ausgebildet ist, wobei diese Einspritzöffnung vorzugsweise in einem Anschlußflansch an einem in Transportrichtung stromaufwärtsliegenden Eingangsende der Mischeinrichtung ausgebildet ist. Allerdings kann die Einspritzöffnung auch in einem das Einzelmodul der Mischeinrichtung bildenden Untermodul bzw. in einem entsprechenden Anschlußflansch dieses Untermoduls ausgebildet sein.

Durch die Zusammensetzung von erster oder zweiter Mischeinrichtung aus Untermodulen können diese beispielsweise statische oder mechanisch angetriebene Mischer bzw. Mischelemente aufweisen. Außerdem können auch in einem Einzel- oder Untermodul statische und mechanisch angetriebene Mischer in Kombination angeordnet sein.

Der modularartige Aufbau der Extrusionsvorrichtung kann sich im Extrusionswerkzeug dahingehend fortsetzen, daß dieses als Untermodul eine Formmatrize und/oder eine Feinzugmatrize und/oder eine Kühleinrichtung aufweist.

Weiterhin können ebenfalls erste und/oder zweite Regel-

einrichtungen als Steuermodule ausgebildet sein, wobei im Falle der zweiten Regeleinrichtung diese insbesondere Teil des die Treibmittel-Zuführeinrichtung bildenden Einzelmoduls sein kann. Zur Verbindung der Regeleinrichtungen mit den entsprechenden Meßwertaufnehmern und Sensoren können an sich bekannte Kabelverbindungen oder andere Verbindungseinrichtungen – auch drahtlos – verwendet werden.

Im folgenden wird ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der in der Zeichnung beigelegten Fig. näher erläutert und beschrieben.

Es zeigt:

Fig. 1 einen prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen Extrusionsvorrichtung.

In **Fig. 1** ist ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Extrusionsvorrichtung im Prinzip dargestellt.

In Transportrichtung **11** hinter einem an sich bekannten Extruder **8** mit Extruderschnecke **2** und Einspiseeinrichtung **3** sind eine Reihe von Einzelmodulen **10** hintereinander angeordnet. Direkt an einem Ausspeisungsende **9** des Extruders **8** ist über einen Anschlußflansch **13** eine als Druckerhöhungseinrichtung **12** arbeitende Zahnradpumpe als Einzelmodul **10** angeordnet. Dieser schließt sich in Transportrichtung **11** als weiteres Einzelmodul **10** eine Mischeinrichtung **5** an. Zwischen der Mischeinrichtung **5** und der ersten Druckerhöhungseinrichtung **12** ist ebenfalls ein Anschlußflansch **13** vorgesehen.

Weitere Anschlußflansche **13** zwischen weiteren Einzelmodulen **10** oder ein Einzelmodul bildenden Untermodulen **14** sind nur prinzipiell dargestellt und können sowohl als an den jeweiligen Enden der Module ausgebildete Anschlußflansche oder als zu den Modulen separat ausgebildete und zwischen diesen angeordnete Anschlußflansche **13** ausgebildet sein. Diese werden durch übliche Maßnahmen, wie Verschrauben oder dergleichen, an den entsprechenden Modulen zu deren Verbindung befestigt.

Die erste Mischeinrichtung **5** ist aus drei Untermodulen **14** zusammengesetzt. In jedem der Untermodule **14** sind Mischelemente **32** angeordnet, die statische, mechanisch angetriebene oder eine Kombination von statischen und mechanisch angetriebenen Mischelementen umfassen können.

Benachbart zum Anschlußflansch **13** zwischen erster Mischeinrichtung **5** und erster Druckerhöhungseinrichtung **12** ist am Eingangsende **30** des ersten Untermoduls **14** der Mischeinrichtung **5** eine Einspritzöffnung **29** in diesem ausgebildet. Diese steht über eine entsprechende Verbindungsleitung mit der Zuführeinrichtung **4** als weiterem Einzelmodul **10** in Verbindung. Durch die Zuführeinrichtung **4** ist ein Treibmittel der vom Extruder **8** und der ersten Druckerhöhungseinrichtung **12** der ersten Mischeinrichtung **5** zugeführten Polymerschmelze zusetzbar. Die Zuführeinrichtung **4** kann auch direkt an der Mischeinrichtung **5** angeordnet werden.

In dem mittleren Untermodul **14** der ersten Mischeinrichtung **5** ist eine Heizeinrichtung **23** beispielhaft ausgebildet. Eine solche Heizeinrichtung kann auch in anderen Einzel- oder Untermodulen vorhanden sein.

An das in Transportrichtung **11** letzte Untermodul **14** der ersten Mischeinrichtung **5** schließt sich am stromabwärts liegenden Ende **15** eine zweite als Zahnradpumpe ausgebildete Druckerhöhungseinrichtung **16** an. Diese ist ebenfalls als Einzelmodul **10** mit entsprechenden nur prinzipiell angedeuteten Anschlußflanschen **13** ausgebildet.

Zwischen der zweiten Druckerhöhungseinrichtung **16** und einer Drossel **6** als weiterem Einzelmodul ist ein Diffusor **17** angeordnet. Dieser bildet ein aus vier Untermodulen **14** zusammengesetztes Einzelmodul **10**. Wiederum sind die entsprechenden Anschlußflansche **13** zwischen den Unter-

modulen und zwischen diesen und der zweiten Druckerhöhungseinrichtung bzw. der Drossel **6** nur prinzipiell angedeutet.

Im in Transportrichtung **11** ersten, auf die zweite Druckerhöhungseinrichtung **16** folgenden Untermodul **14** ist der Diffusor **17** mit einer zusätzlichen Mischeinrichtung **18** ausgebildet. Eine solche zusätzliche oder zweite Mischeinrichtung **18** kann auch als separate Moduleinheit, siehe das dritte Untermodul **14** in Transportrichtung des Diffusors **17**, ausgebildet sein. Die Mischeinrichtung weist analog zur ersten Mischeinrichtung **5** entsprechende Mischelemente **32** auf, die wiederum als statische, mechanisch angetriebene oder durch eine Kombination von statischen und mechanisch angetriebenen Mischelementen gebildet sein können.

In dem in Transportrichtung **11** zweiten Untermodul **14** ist zusätzlich eine Kühleinrichtung **24** angeordnet, die sich im dritten und vierten Untermodul fortsetzt. Statt einer Kühleinrichtung kann bei Bedarf auch eine Heizeinrichtung in einem oder mehreren der Untermodule **14** des Diffusors **17** angeordnet sein.

Zwischen dem ersten und zweiten Untermodul **14** des Diffusors **17** kann eine weitere, dritte Druckerhöhungseinrichtung **19** als Einzelmodul **10** angeordnet sein, wie in **Fig. 1** nur prinzipiell dargestellt ist.

Es sei angemerkt, daß weitere Druckerhöhungseinrichtungen zwischen den verschiedenen Einzel- oder Untermodulen bei Bedarf anordbar sind.

An den Diffusor **17** schließt sich die Drossel **6** als weiteres Einzelmodul **10** an. Die Drossel **6** weist zwei drehbar angetriebene, ineinanderkämmende Zahnräder **20** und **21** auf. Bezüglich der Wirkungsweise und Steuerung einer solchen Drossel **6** zur Bildung von aufgeschäumtem Polymer mit mikrozellulärer oder submikrozellulärer Struktur wird nochmals auf die DE 195 21 520 als Referenz verwiesen. Deren technische Lehre bezüglich einer solchen Drossel wird analog bei der vorliegenden Erfindung eingesetzt.

In Transportrichtung **11** schließt sich an die Drossel **6** als weiteres Einzelmodul **10** das Extrusionswerkzeug **7** an, das aus weiteren, nicht dargestellten Untermodulen aufgebaut sein kann.

Die erfindungsgemäße Extrusionsvorrichtung **1** weist weiterhin eine Anzahl von Drucksensoren **22**, Drehzahlnehmern **27** und wenigstens einen Temperatursensor **27** auf.

Die Drucksensoren **22** sind insbesondere an den jeweiligen Einlauf- und Auslaufseiten der Druckerhöhungseinrichtungen **12**, **16** und der Drossel **6** entweder direkt in diesen oder in den zwischen diesen und den jeweils vorangehenden bzw. folgenden Modulen angeordneten Anschlußflanschen angeordnet. Die verschiedenen Drucksensoren **22** sind als p1 bis p6 näher spezifiziert. Durch die dargestellten Pfeile wird der Signalfluß von den Drucksensoren **22** zu einer ersten Regeleinrichtung **36** als Steuermodul **31** gekennzeichnet.

Die Drehzahlnehmer **27** sind durch v1 bis v4 näher spezifiziert. Der Drehzahlnehmer **27** (v4) ist der Extrusionsschnecke **2** des Extruders **8** zugeordnet und mißt deren Drehzahl. Die weiteren Drehzahlnehmer **27** (v1 bis v3) dienen zur Meßung der Drehzahl der jeweils als Zahnradpumpen ausgebildeten Druckerhöhungseinrichtungen **12**, **16** bzw. der analog zu einer Zahnradpumpe aufgebauten Drossel **6**. Weiterhin wird über zumindest einen Temperatursensor **25** (T1) die Temperatur der der ersten Druckerhöhungseinrichtung **12** vom Extruder **8** zugeführten Polymerschmelze gemessen. Weitere, analoge Temperatursensoren können je nach Bedarf verschiedenen anderen in Transportrichtung **11** folgenden Einzel- oder Untermodulen **10**, **14** zugeordnet sein.

Die weiteren zwischen den verschiedenen Drehzahl-

nehmern 27 (v1 bis v4) und dem Temperatursensor 25 (T1) verlaufenden Pfeile kennzeichnen den jeweiligen Signalfluß. Insbesondere kann von der ersten Regeleinrichtung 26 die Drehzahl von Extrusionsschnecke 2 und den jeweiligen Zahnrädern der Druckerhöhungseinrichtung 12, 16 und der Drossel 6 entsprechend zu einem vorgegebenen Programm gesteuert oder geregelt werden.

Zur gesteuerten oder geregelten Zudosierung von Treibmittel durch die Treibmittelzuführeinrichtung 4 ist diese mit einer zweiten Regeleinrichtung 28 verbunden, wie durch den zwischen diesen beiden angeordneten Signalfall gekennzeichnet ist. Die zweite Regeleinrichtung 28 ist als weiteres Steuermodul 31 Teil der erfindungsgemäßen Extrusionsvorrichtung 1. Wie durch weitere in Richtung zweiter Regeleinrichtung 28 verlaufender Signalpfeile dargestellt ist, empfängt die zweite Regeleinrichtung 28 ebenfalls Signale der Drehzahlaufnehmer 27 (v1 bis v3).

Im folgenden wird kurz die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Extrusionsvorrichtung 1 geschildert.

Die Vorrichtung 1 umfaßt insbesondere eine Anzahl von Einzelmodulen 10 und Steuermodulen 31, die jedem an sich bekannten Extruder 8 für thermoplastische bzw. thermoelastische Kunststoffe, wie z. B. Schneckenextrudern mit oder ohne genuteter Eingangszone, Doppelschneckenextrudern, Schneckenpressen oder dergleichen in Transportrichtung 11 nachgeschaltet sind.

Das vom Extruder 8 aufgeschmolzene und diesem über die Einspeiseeinrichtung 3 zugeführte Polymer wird mit bestimmter Temperatur T1 und bestimmtem Druck P6 der ersten Druckerhöhungseinrichtung 12 zugeführt. In dieser wird der Druck P6 der Polymerschmelze auf den Druck P5 angehoben. Anschließend wird der Polymerschmelze durch die Treibmittelzuführeinrichtung 4 ein entsprechendes Treibmittel zudosiert. Dies kann sowohl eine beliebige Mischung bei Raumtemperatur gasförmiger Substanzen als auch ein chemisches Treibmittel sein.

Nach Zudosierung des Treibmittels werden dieses und die Polymerschmelze in der ersten Mischeinrichtung 5 durch die entsprechenden Mischelemente 32 vermischt und eine im wesentlichen mehrphasige Polymer/Treibmittel-Mischung gebildet. Während des Durchlaufens der ersten Mischeinrichtung ändert sich der Druck in der Polymer/Treibmittel-Mischung von p5 auf p4. Durch die zweite Druckerhöhungseinrichtung 16 wird der Druck in der Mischung von p4 auf p3 erhöht.

In dem anschließenden Diffusor 17 wird der in der Regel noch mehrphasigen Polymer/Treibmittel-Mischung unter dem relativ sehr hohen Druck p3 bis p2 genügend Zeit gegeben, um eine einphasige Polymer/Treibmittel-Lösung zu bilden. Eine zweite Mischeinrichtung 18 mit entsprechenden Mischelemente 32 kann innerhalb des Diffusors 17 angeordnet sein, um die Polymer/Treibmittel-Mischung bzw. -Lösung weiter zu homogenisieren.

In Transportrichtung 11 anschließend an den Diffusor 17 wird die Polymer/Treibmittel-Lösung durch die Drossel 6 geleitet und mittels dieser der Druck schlagartig von p2 auf p1 abgesenkt. Dadurch werden Zellkeime in der Polymer/Treibmittel-Lösung generiert, siehe auch DE 195 21 520, und eine Phasentrennung wird eingeleitet. Darauf folgend wird die Polymer/Treibmittel-Lösung dem Extrusionswerkzeug 7 zugeführt, in dem die Zellkeime durch weiteren Druckabfall nun zu größeren Zellen expandieren.

Die erste Regeleinrichtung 26 regelt bzw. steuert die Drehzahlen v1 bis v4 der Drossel 6, der Druckerhöhungseinrichtungen 13, 16 und der Extruderschnecke 2 des Extruders 8. Die Regelung bzw. Steuerung der Drehzahlen erfolgt in Abhängigkeit der Drücke p1 bis p6 und der jeweils anderen Drehzahlen v1 bis v4. Ziel der Regelung bzw. Steuerung

ist es, jeden der Drücke p1 bis p6 auf einem individuell gewünschten Niveau zu halten.

Die zweite Regeleinrichtung 28 regelt bzw. steuert die Zudosierung des Treibmittels von der Zuführeinrichtung 4 in Abhängigkeit der Drehzahlen v1 bis v3.

Sind in der ersten Mischeinrichtung 5 oder in dem Diffusor 17 weitere Druckerhöhungseinrichtung 19 eingefügt, können ebenfalls deren Drehzahlen bzw. Ein- und Ausgangsdrücke einer oder beiden der Regeleinrichtungen 26, 28 zugeführt werden.

In Abhängigkeit der Drücke p1 bis p6 und der Menge des zugeführten Treibmittels können Zellgröße, Zelldichte sowie die absolute Dichte des vom Extrusionswerkzeug 7 abgegebenen Endproduktes nahezu beliebig eingestellt werden, siehe in diesem Zusammenhang auch DE 195 21 520, wobei erfindungsgemäß durch den modulartigen Aufbau und die modulartige Erweiterung die Prozeßbedingungen und -parameter in den verschiedenen Einzel- und/oder Untermodulen im wesentlichen individuell einstellbar sind, siehe beispielsweise Druck, Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit.

Patentansprüche

1. Extrusionsvorrichtung (1), insbesondere zur Herstellung eines aufgeschäumten Polymers, mit wenigstens einer Extruderschnecke (2) zum Transport zumindest eines durch eine Einspeiseeinrichtung (3) zugegebenen Polymers, einer Zuführeinrichtung (4) zum Zuführen eines Treibmittels nach Aufschmelzen des Polymers, einer Mischeinrichtung (5) zum Mischen von Polymerschmelze und Treibmittel, einer Drossel (6) zur Erzeugung eines Druckabfalls in der zugeführten Polymer/Treibmittelmischung und einem Extrusionswerkzeug (7), **dadurch gekennzeichnet**, daß Extruderschnecke (2) und Einspeiseeinrichtung (3) in einem Extruder (8) angeordnet sind und Zuführeinrichtung (4), Mischeinrichtung (5), Drossel (6) und Extrusionswerkzeug (7) als am Ausspeisungsende (9) des Extruders (8) anschließbare Einzelmodule (10) ausgebildet sind.
2. Extrusionsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß am Ausspeisungsende (9) des Extruders (8) als ein in Transportrichtung erstes stromabwärts am Extruder anschließbares Einzelmodul eine erste Druckerhöhungseinrichtung (12), insbesondere eine Pumpe, angeordnet ist.
3. Extrusionsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Anschlußflansche (13) zum Verbinden von Extruder (8) und einem Einzelmodul oder zum Verbinden der Einzelmodule (10) miteinander an diesem und/oder zwischen diesen angeordnet sind.
4. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mischeinrichtung (5) aus Untermodulen (14) zusammengesetzt ist.
5. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Untermodulen (14) der Mischeinrichtung (5) und/oder am in Transportrichtung stromabwärts gelegenen Ende (15) der Mischeinrichtung wenigstens eine zweite Druckerhöhungseinrichtung (16), insbesondere eine Pumpe, angeordnet ist.
6. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Mischeinrichtung (5) bzw. zweiter Druckerhöhungseinrichtung (16) und Drossel (6) we-

nigstens ein als Einzelmodul (10) ausgebildeter Diffusor (17) angeordnet ist.

7. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das den Diffusor (17) bildende Einzelmodul (10) aus Untermodulen (14) zusammengesetzt ist. 5

8. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Mischeinrichtung (18) im Diffusor (17) ausgebildet ist. 10

9. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Mischeinrichtung (18) in wenigstens einem Untermodul (14) des Diffusors (17) angeordnet ist. 15

10. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Mischeinrichtung (18) und Diffusor (17) durch separate Untermodule (14) gebildet sind.

11. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine dritte Druckerhöhungseinrichtung (19), insbesondere eine Pumpe, zwischen den Untermodulen (14) für die zweite Mischeinrichtung (18) und/oder den Diffusor (16) angeordnet ist. 20

12. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Drossel (6) wenigstens zwei drehbar angetriebene, ineinanderkämmende Zahnräder (20, 21) aufweist. 25

13. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Drucksensoren (22) zumindest den Eingangs- und Ausgangsseiten der Druckerhöhungseinrichtungen (12, 16, 19) und/oder der Drossel (6) zugeordnet sind. 30

14. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Drucksensor (12) in einem entsprechenden Anschlußflansch (13) angeordnet ist. 35

15. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in wenigstens einem Einzel- und/oder Untermodul (10, 14) eine Heizeinrichtung (23) angeordnet ist. 40

16. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in wenigstens einem Einzel- und/oder Untermodul (10, 14) eine Kühleinrichtung (24) angeordnet ist. 45

17. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Temperatursensor (15) einem Einzel- und/oder Untermodul (10, 14) zugeordnet ist. 50

18. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperatursensor (15) in einem Anschlußflansch (13) angeordnet ist. 55

19. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Regeleinrichtung (26) mit den Druck- und Temperatursensoren (22, 25) zur Bestimmung der jeweiligen Drücke und Temperaturen verbindbar ist. 60

20. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Regeleinrichtung (26) mit den als Zahnpumpen ausgebildeten Druckerhöhungseinrichtungen (12, 16, 19) und/oder dem Extruder (8) und/oder der Drossel (6) zugeordneten Drenzhahlaufnehmern (27) verbindbar ist. 65

21. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der

vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Regeleinrichtung (26) zur Dosierung des Treibmittels mit der Treibmittelführeinrichtung (4) verbindbar ist.

22. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Regeleinrichtung (28) zur Dosierung des Treibmittels mit der Treibmittelführeinrichtung (4) verbindbar ist.

23. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Regeleinrichtung (28) mit den Drehzahlaufnehmern (27) und/oder der ersten Regeleinrichtung (26) verbindbar ist.

24. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine mit der Treibmittelführeinrichtung (4) verbundene Einspritzöffnung (29) in einem Anschlußflansch (13), vorzugsweise an einem in Transportrichtung stromaufwärts liegenden Eingangsende (15) der ersten Mischeinrichtung (5) ausgebildet ist.

25. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mischeinrichtung (5, 18) statische oder mechanisch angetriebene Mischer oder eine Kombination dieser Mischer aufweist.

26. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Extrusionswerkzeug (7) eine Formmatrize und/oder eine Feinzugmatrize und/oder eine Kühleinrichtung aufweist.

27. Extrusionsvorrichtung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß erste und/oder zweite Regeleinrichtung (26, 28) als Steuermodul (31) ausgebildet sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

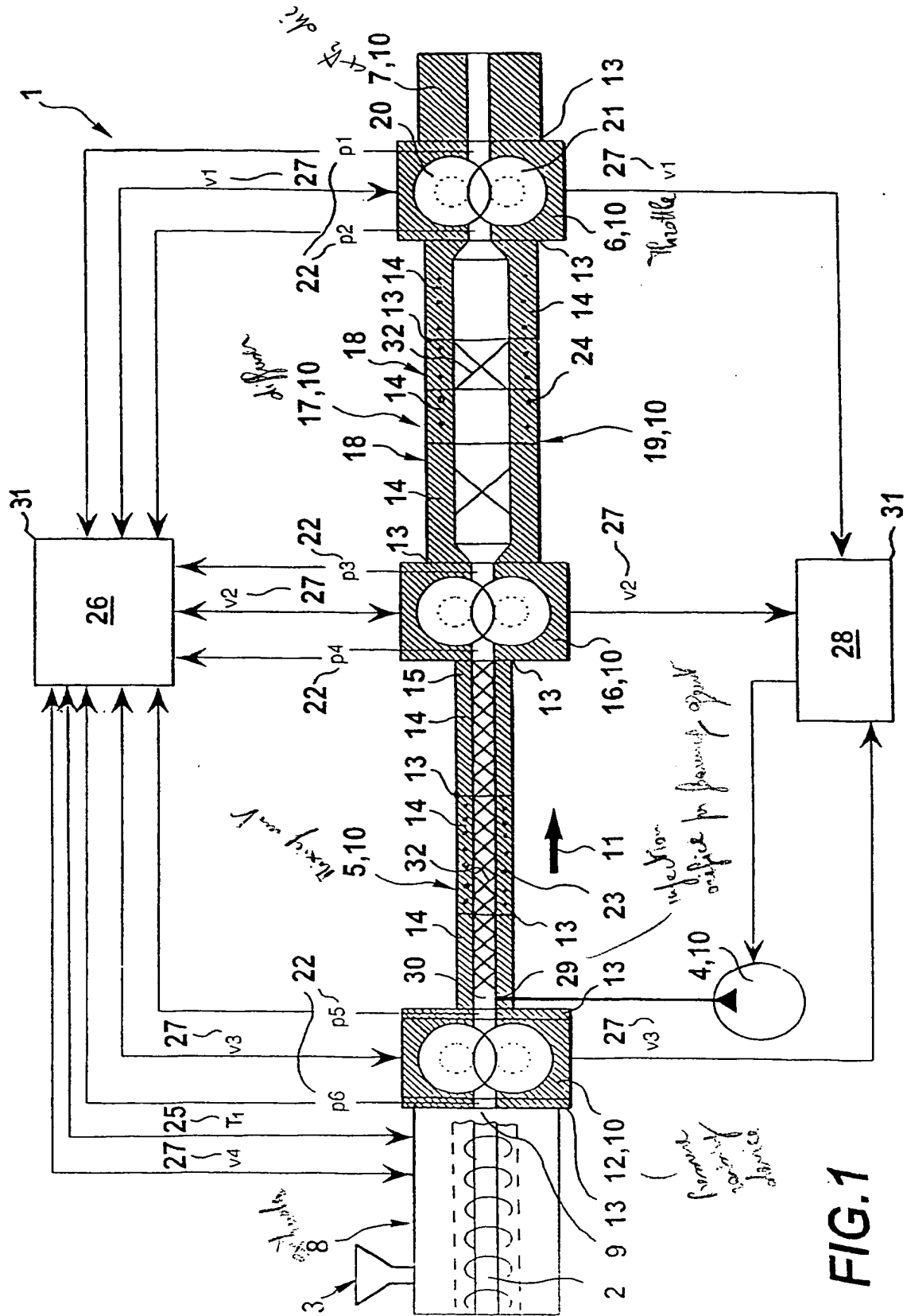


FIG. 1

Description

The invention relates to an extrusion apparatus, in particular for producing a foamed polymer, with at least one extruder screw for conveying at least one polymer introduced through
5 a feed unit, a unit for delivering a foaming agent once the polymer has melted, a mixing unit for mixing polymer melt and foaming agent, a throttle for generating a drop in pressure in the delivered polymer/foaming agent mixture and an extrusion die.

An extrusion apparatus of this type is known from patent specification DE 195 21 520. In this known device, all the units of the extrusion apparatus mentioned above are incorporated in
10 an extruder and are disposed one after the other in the feed direction.

At least one polymer is fed through the feed system into the extruder screw and then melted. A foaming agent, such as CO₂, N₂ or similar is fed into the polymer melt via the delivery system and the polymer melt and foaming agent are then mixed with one another in a mixing unit in order to produce a mixture or solution which is as far as possible in the form of a single phase.

15 Patent specification DE 195 21 520 specifically describes the use of a throttle at the outlet end of the mixing device, which is controlled to produce a sudden drop in pressure in the polymer/foaming agent mixture, irrespective of the set flow rate. As a result of this special approach to controlling the throttle, the pressure drop and throughput rate are dissociated from one another, specifically to enable a constant nucleation rate to be maintained. Due to the rate of
20 the constant pressure drop and nucleation rate, nucleation is homogeneous across the entire cross section of the outlet orifice of the throttle. Consequently, the foamed polymer has a higher and more uniform cell density, resulting in a foamed polymer with a high quality microcellular structure or sub-microcellular structure, which does not impose any constraints on the moulding process. For more details as to how the throttle works and how it is controlled, reference should
25 be made to DE 195 21 520, the advantages of this throttle and the method by which it is controlled also being incorporated in the present application.

The disadvantage of the approach adopted in patent specification DE 195 21 520 is that the extrusion apparatus is relatively complex in terms of its structure and is expensive because the extrusion apparatus or the extruder as a whole can only be used to produce foamed polymer
30 with a microcellular or sub-microcellular structure. Furthermore, because of the overall structure of the extrusion apparatus, it can not be individually adapted or adjusted to cater for different process conditions, or at least can be so to only a slight degree, and the extrusion apparatus can

not be dismantled or rearranged.

Accordingly, the underlying objective of the subject matter proposed in the present application is to improve the extrusion apparatus described above so that the apparatus overall is simpler in structural terms and less expensive, whilst at the same time being more adaptable to different processing conditions and/or better able to meet different configurations or re-configuration requirements.

This objective is achieved by the extrusion apparatus proposed by the invention due to the fact that the extruder screw and feed unit are incorporated in an extruder whilst the delivery unit, mixing unit and extrusion die are designed as individual modules which can be connected to the discharge end of the extruder.

Consequently, any known extruder used for thermoplastic or thermo-elastic plastics, such as a screw extruder, whether it has grooved inlet zone or not, a twin screw extruder, or a screw press, may be used and may set up in different ways by adding all or at least some individual modules in order to produce foamed polymer with a microcellular or sub-microcellular structure. This simplifies the structure of the extruder itself and reduces costs because existing apparatus can be easily set up in different ways using the individual modules. The extrusion apparatus can be readily adapted to different process conditions by adding more or fewer individual modules accordingly, and can be rapidly and easily reconfigured by replacing or adding extra modules. In this respect, the actual extruder incorporating extrusion screw and feed unit for at least one polymer is used solely for melting the polymer in a manner essentially known per se.

If the pressure in the polymer melt delivered from the extruder is too low for subsequent processing in the downstream individual modules, it is of advantage if the first individual module to be connected downstream of the discharge end of the extruder in the feed direction is a pressure-raising system. Such a pressure-raising system may be an active system, such as a pump for example. As a result of this system, the pressure prevailing in the polymer melt discharged from the extruder can be raised, or alternatively reduced if necessary, to whatever pressure is needed for subsequent processing in the adjoining individual modules.

To provide a simple means of connecting the individual modules to one another and to the extruder, connecting flanges are provided on them or connected between them. The individual modules are made so that they can be connected to one another and to the discharge end of the extruder via the connecting flanges in the usual way, by screws or similar. The connecting flanges may be designed as separate components, in which case the connecting flange

between the extruder and the first individual module to be connected to it is designed as an adapter flange in particular. It can be selected so as to be adaptable to any extruder and afford a transition to the individual modules. Connecting flanges designed as individual components may also be combined with one another and with connecting flanges on the ends of extruder and/or individual modules.

To enhance the flexibility of the different systems made up of the individual modules, the individual module forming the mixing unit is made up of sub-modules, for example. Consequently, depending on the polymer used or the polymer mixture used or the other process conditions, for example, the mixing unit can be made longer or shorter or various different mixing elements or such like may be used.

In order to control and regulate the pressure in or adjoining the mixing unit, at least a second pressure-raising device, in particular a pump, may be provided as another individual module, disposed between the sub-modules of the mixing unit and/or at the end of the mixing unit, downstream in the feed direction. This will enable the pressure in the homogeneously mixed polymer melt to be adapted so as to best meet the requirements of subsequent processing.

To enable a foaming agent added to the polymer and homogeneously distributed in the polymer melt by the mixing unit to form a single-phase melt/foaming agent solution, at least one individual module in the form of a diffuser may be provided between the first mixing unit or second pressure-raising device and the throttle. It will be designed to connect with the individual modules by means of the connecting flanges mentioned above.

The individual module forming the diffuser may also be made up of different sub-modules, the number and assembly of which will be selected depending on requirements.

For example, a second mixing unit may additionally be provided in the individual module forming the diffuser. This will provide additional homogenisation of the melt/foaming agent mixture.

In this respect, it is sufficient to dispose the second mixing unit in at least one sub-module of the diffuser. Naturally, the second mixing unit and the diffuser may also be designed as separate sub-modules, in which case the mixing and diffusion zones will be totally separate from one another and individually adjustable.

Depending on requirements, another individual module may be provided in the form of a third pressure-raising device, in particular a pump, disposed between the sub-modules for the second mixing unit and/or the diffuser.

In order to make foamed polymer with a microcellular or sub-microcellular structure, it is particularly expedient to provide the throttle with at least two rotatably driven inter-meshing gears. For a more detailed explanation of such throttles, which are similar to a gear-type pump in design, reference may be made to patent specification DE 195 21 520 mentioned above, which
5 describes the generic design. The gears may be driven by mechanical, electrical or any other means.

To monitor and control and regulate the pressure as a process parameter at various points of the extrusion apparatus, pressure sensors may be provided if necessary, at least at the input and output ends of the pressure-raising means and/or throttle.

10 A simple way of positioning a pressure sensor is to provide it on an appropriate connecting flange. For example, it may be provided on a separate connecting flange of the type mentioned above. However, it would also be possible to provide a pressure sensor on a connecting flange incorporated in the corresponding individual module. The latter arrangement is of particular advantage in the case of pressure-raising devices because measurements of their
15 inlet and outlet pressure are taken as a rule.

During processing of the polymer melt in the extrusion apparatus, it may be necessary to provide additional heating for the polymer melt in one or more individual modules or sub-modules. Accordingly, a heating unit may be provided in at least one individual module and/or sub-module.

20 As a result of the various possible pressure increases occurring in the polymer melt and in the polymer/foaming agent mixture and during processing in the mixer or similar, the temperature of the mixture may reach high levels that are not conducive to subsequent processing and it may therefore be necessary to provide at least one cooling unit in an individual module and/or sub-module.

25 In order to control the temperature in the molten polymer or in the polymer/foaming mixture and/or regulate and control it by heating units and/or cooling units if necessary, at least one temperature sensor may be assigned to an individual module and/or sub-module.

It may also be of advantage to provide a temperature sensor in a connecting flange, integral with a module or separate from it. As regards the connecting flanges that are separate
30 from the different modules and contain an array of pressure sensors or temperature sensors, these connecting flanges constitute separate modules in their own right and may be arranged between the other individual modules and/or sub-modules of the extrusion apparatus depending on

requirements.

In order to detect the relevant pressure and temperature values and apply them as a means of controlling or regulating the extrusion apparatus as and when necessary, a first control unit may be connected to the pressure and temperature sensors to determine the respective values.

5 To enable other process parameters of the extrusion apparatus to be determined, the first control unit may also be connected to speed sensors co-operating with the pressure-raising devices, provided in the form of gear-type pumps, and/or the extruder and/or the throttle. As is the case with the pressure and temperature values, the relevant speed values can not only be detected, but also used by the control unit as a means of controlling and regulating the extrusion
10 apparatus.

To ensure that a sufficient quantity of foaming agent is added to the molten polymer depending on the various process parameters, such as the nature of the foaming agent, for example, the first control unit may also be used in conjunction with the foaming agent delivery unit to meter the foaming agent. For reasons of redundancy or in order to provide separate
15 monitoring of the foaming agent delivery unit, a second control unit corresponding to the first control unit may be connected to speed sensors, temperature sensors and/or pressure sensors or at least to the foaming agent delivery unit in order to meter the foaming agent.

In order to regulate and control the delivery of foaming agent, in particular depending on the quantity of polymer melt fed through the extruder and/or alternatively depending on the feed
20 rate of the polymer melt or the polymer/foaming mixture through the individual modules and/sub-modules, the second control unit may also be connected to speed sensors and/or to the first control unit.

The easiest way of varying the point from which the foaming agent is fed in is to set the system up so that an injection orifice communicating with the foaming agent delivery unit is
25 incorporated in a connecting flange, this injection orifice preferably being provided in a connecting flange on an inlet end of the mixing unit disposed upstream in the feed direction. However, the injection orifice may also be provided in a sub-module forming the individual module of the mixing unit or in a corresponding connecting flange of this sub-module.

A first or second mixing unit may be assembled from sub-modules and may be equipped
30 with static or mechanically driven mixers or mixing elements, for example. Moreover, static and mechanically driven mixers may be combined in an individual module or sub-module.

The modular structure of the extrusion apparatus may also be repeated in the extrusion

apparatus itself, in which case an extrusion die and/or a fine extrusion die and/or a cooling unit may be incorporated in the form of a sub-module.

First and/or second control units may also be designed as control modules, in which case the second control unit in particular may be part of the individual module forming the foaming agent delivery unit. Cable connections of a type known per se or other connection system -
5 including wireless - may be used to connect the control units to the relevant detectors and sensors capturing measurement values.

An advantageous embodiment of the invention will be explained and described as an example in more detail below, with reference to the appended drawing.

10 Accordingly:

Fig. 1 illustrates the main structure of an extrusion apparatus as proposed by the invention.

Disposed after a known extruder 8 with an extruder screw 2 and feed unit 3 in the feed direction 11 is a series of consecutive individual modules 10. An individual module 10 is provided directly adjoining a discharge end 9 of the extruder 8, by means of a connecting flange 13, in the form of a pressure-raising device 12. Adjoining it in the feed direction 11 is another individual module 10 in the form of a mixing unit 5. A connecting flange 13 is also provided between the mixing unit 5 and the first pressure-raising device 12.
15

Other connecting flanges 13 between other individual modules 10 or sub-modules 14 making up an individual module are illustrated in diagrammatic format only and may be provided as connecting flanges integral with the respective ends of the modules or as connecting flanges 13 of a separate construction from the modules and arranged between them. They are secured to the corresponding modules by standard means, such as screw connections or similar, in order to join them.
20

25 The first mixing unit 5 is made up of three sub-modules 14. Mixing elements 32 are provided in each of the sub-modules 14 and may comprise static, mechanically driven or a combination of static and mechanically driving mixing elements.

Adjacent to the connecting flange 13 between first mixing unit 5 and first pressure-raising device 12, the first sub-module 14 of the mixing unit 5 is provided with an injection orifice 29 is provided at the inlet end 30. It communicates via an appropriate connecting line with the delivery unit 4, provided as another individual module 10. The delivery unit 4 adds a foaming agent to the polymer melt delivered from the extruder 8 and the first pressure-raising device 12 of
30

the first mixing unit 5. The delivery unit 4 may also be arranged directly adjoining the mixing unit 5.

A heating unit 23 is provided in the middle sub-module 14 of the first mixing unit 5, for example. Such a heating unit may also be provided in other individual modules and/or sub-modules.

Adjoining the last sub-module 14 of the first mixing unit 5 in the feed direction 11, a second pressure-raising device 16 in the form of a gear pump is disposed at the end 15 lying downstream. It is also designed as an individual module 10 and has matching connecting flanges 13, which are only schematically indicated.

10 A diffuser 17, which is another individual module, is provided between the second pressure-raising device 16 and a throttle 6. It is an individual module 10 made up of four sub-modules 14. Again the matching connecting flanges 13 between the sub-modules and between them and the second pressure raising device or the throttle 6 are only schematically indicated.

15 In the first sub-module 14 following the second pressure-raising device 16 in the feed direction 11, the diffuser 17 has an additional mixing unit 18. Such an additional or second mixing unit 18 may also be provided as a separate module unit - see the third sub-module 14 in the feed direction of the diffuser 17. Like the mixing unit 5, this mixing unit has mixing elements 32, which again may be static, mechanically driven or a combination of static and mechanically driven mixing elements.

20 The second sub-module 14 in the feed direction 11 additionally has a cooling unit 24 which continues through the third and fourth sub-module. Instead of a cooling unit, it would also be possible to provide a heating unit in one or more of the sub-modules 14 of the diffuser 17 if necessary.

25 Another individual module 10 in the form of a third pressure-raising means 19 may be provided between the first and second sub-module 14 of the diffuser 17, as schematically illustrated in Fig. 1.

It should be pointed out that other pressure-raising devices may be provided between individual modules and/or sub-modules where necessary.

30 Adjoining the diffuser 17 is another individual module 10 in the form of a throttle 6. The throttle 6 has two rotatably driven, inter-meshing gears 20 and 21. For details of how such a throttle 6 is controlled as a means of producing foamed polymer with a microcellular or sub-microcellular structure, reference should be made to patent specification DE 195 21 520. The

technical teaching of this document relating to the throttle is used in the same manner in this present invention.

Adjoining the throttle 6 in the feed direction 11, another individual module 10 is provided in the form of the extrusion die 7, which may be assembled from sub-modules, not illustrated.

5 The extrusion apparatus 1 also has a number of pressure sensors 22, speed sensors 27 and at least one temperature sensor 27.

10 The pressure sensors 22 are provided in particular at the respective inlet and outlet ends of the pressure-raising devices 12, 16 and the throttle 6, either directly in them or in the connecting flanges arranged between them and the respective preceding or subsequent modules. The various pressure sensors 22 are more specifically indicated by references p1 to p6. The arrows indicate the flow of signals from the pressure sensors 22 to a first control unit 36, denoted generally as a control module by reference 31.

15 The speed sensors 27 are more specifically denoted by references v1 to v4. The speed sensor 27 (v4) is assigned to the extrusion screw 2 of the extruder 8 and measures its speed. The other speed sensors 27 (v1 to v3) are used for measuring the speed of the respective pressure-raising devices 12, 16 provided as gear-type pumps and the throttle 6 which is of a design similar to a gear pump. The temperature of the polymer melt delivered by the extruder 8 is measured by a temperature sensor 25 assigned to the first pressure-raising device 12. Other similar temperature sensors may be provided for various other individual modules or sub/modules 10, 14 arranged
20 along the feed direction 11 as and where necessary.

 The other arrows shown between the different speed sensors 27 (v1 to v4) and the temperature sensor 25 (T1) indicate the respective signal flow. In particular, the speed of the extrusion screw 2 and the respective gears of the pressure-raising device 12, 16 and the throttle 6 can be controlled or regulated on the basis of a preset programme by the first control unit 26.

25 In order to meter in foaming agent in a controlled or regulated manner, the foaming agent delivery unit 4 is connected to a second control unit 28, as indicated by the signals flowing between these two. The second control unit 28, provided in the form of another control module 31, is also part of the extrusion apparatus 1 proposed by the invention. As indicated by other signal arrows pointing towards the second control unit 28, the second control unit 28 also
30 receives signals from the speed sensors 27 (v1 to v3).

 A brief description will now be given of how the extrusion apparatus 1 proposed by the invention operates.

The apparatus 1 specifically comprises a number of individual modules 10 and control modules 31, the extruder 8 for thermoplastic or thermo-elastic plastics, such as screw extruders, with or without a grooved inlet zone, twin screw extruders, screw presses or similar, which are known per se, connected downstream in the feed direction 11.

5 The polymer is melted in the extruder 8, to which it is delivered via the feed unit 3, and is fed to the pressure-raising device 12 at a specific temperature T1 and a specific pressure P6. Here, the pressure P6 of the polymer melt is raised to the pressure P5. An appropriate foaming agent is then metered into the polymer melt by the foaming agent delivery unit 4. It may consist of any mixture of gaseous substances at room temperature or alternatively may be a chemical
10 foaming agent.

After metering in the foaming agent, it and the polymer melt are mixed by appropriate mixing elements 32 in the first mixing unit 5, thereby forming a substantially single-phase polymer/foaming agent mixture. During the passage through the first mixing unit, the pressure in the polymer/foaming agent mixture changes from p5 to p4. In the second pressure-raising device
15 16, the pressure in the mixture is raised from p4 to p3.

In the adjoining diffuser 17, the polymer/foaming agent, which as a rule is still in the form of a multi-phase mixture, is given sufficient time for a single-phase polymer/foaming agent solution to form at the relatively very high prevailing pressure p3 to p2. A second mixing unit 18 with appropriate mixing elements 32 may be provided within the diffuser 17 in order to further
20 homogenise the polymer/foaming agent mixture or solution.

Adjoining the diffuser 17 in the feed direction 11, the polymer/foaming agent solution is fed through the throttle 6 by means of which the pressure is abruptly reduced from p2 to p1. This initiates nucleation of cells in the polymer/foaming agent solution, more details of which may be found in patent specification DE 195 21 520, and a separation of phases. The
25 polymer/foaming agent solution is then fed to the extrusion die 7, in which the cells expand to form larger cells due to the further drop in pressure.

The first control unit 26 regulates or controls the speeds v1 to v4 of the throttle 6, the pressure-raising devices 13, 16 and the extruder screw 2 of the extruder 8. The speeds are regulated and controlled depending on the pressures p1 to p6 and the other respective speeds v1
30 to v4. The purpose of the regulating and control system is to maintain each of the pressures p1 to p6 at the individual desired levels.

The second control unit 28 regulates and controls metering of the foaming agent by the

delivery unit 4 depending on the speeds v_1 to v_3 .

If additional pressure-raising devices 19 are integrated in the first mixing unit 5 or in the diffuser 17, their speeds and input and output pressures may also be forwarded to one of or both of the control units 26, 28.

- 5 Depending on the pressures p_1 to p_6 and the quantity of foaming agent added, the cell size, cell density and absolute density of the final product output from the extrusion die 7 can be adjusted to suit virtually any requirements, more details of which are provided in patent specification DE 195 21 520, and, in view of the modular structure proposed by the invention as well as the extensions which can be added in the form of modules, the process conditions and
- 10 parameters in the various individual modules and/or sub-modules can essentially be individually adjusted, in terms of pressure, temperature and flow rate, for example.

Claims

- 15 1. Extrusion apparatus (1), in particular for producing a foamed polymer, with at least one extruder screw (2) for feeding at least one polymer delivered by a feed unit (3), a delivery unit (4) for delivering a foaming agent once the polymer has melted, a mixing unit (5) for mixing polymer melt and foaming agent, a throttle (6) for generating a drop in pressure in the delivered polymer/foaming agent mixture and an extrusion die (7), **characterised in that** extruder screw
- 20 (2) and feed unit (3) are disposed in an extruder (8) whilst delivery unit (4), mixing unit (5), throttle (6) and extrusion die (7) are designed as individual modules (10), which can be connected to the discharge end (9) of the extruder (8).
- 25 2. Extrusion apparatus as claimed in claim 1, characterised in that the first individual module connected downstream of the discharge end (9) of the extruder (8) in the feed direction is a first pressure-raising device (12), in particular a pump.
3. Extrusion apparatus as claimed in claim 1 or 2, characterised in that connecting flanges (13) are provided on or between an individual module to connect it to the extruder (8) or to interconnect individual modules (10).
- 30 4. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the mixing unit (5) is made up of sub-modules (14).
5. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that at least a second pressure-raising device (16), in particular a pump, is provided between the sub-

modules (14) of the mixing unit (5) and/or at the end (15) of the mixing unit disposed downstream in the feed direction.

- 5 6. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that at least one diffuser (17) in the form of an individual module (10) is provided between mixing unit (5) or second pressure-raising device (16) and throttle (6).
7. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the individual module (10) forming the diffuser (17) is made up of sub-modules (14).
8. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that a second mixing unit (18) is provided in the diffuser (17).
- 10 9. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the second mixing unit (18) is disposed in at least one sub-module (14) of the diffuser (17).
10. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the second mixing unit (18) and diffuser (17) are designed as separate sub-modules (14).
11. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that at least a third pressure-raising device (19), in particular a pump, is disposed between the sub-modules (14) for the second mixing unit (18) and/or the diffuser (16).
- 15 12. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the throttle (6) has at least two rotatably driven, inter-meshing gears (20, 21).
13. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that pressure sensors (22) co-operate at least with the inlet and outlet ends of the pressure-raising devices (12, 16, 19) and/or the throttle (6).
- 20 14. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that every pressure sensor (12) is disposed in an appropriate connecting flange (13).
15. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that a heating unit (23) is provided in at least one individual module and/or sub-module (10, 14).
- 25 16. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that a cooling unit (24) is provided in at least one individual module and/or sub-module (10, 14).
17. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that at least one temperature sensor (15) is provided in an individual module and/or sub-module (10,14).
- 30 18. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the temperature sensor (15) is disposed in a connecting flange (13).

19. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that a first control unit (26) can be connected to the pressure and temperature sensors (22, 25) in order to determine the respective pressures and temperatures.
20. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the first control unit (26) can be connected to the pressure-raising devices (12, 16, 19) provided in the form of gear pumps and/or the extruder (8) and/or speed sensors (27) co-operating with the throttle (6).
21. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the first control unit (26) can be connected to the foaming agent delivery unit (4) to meter the foaming agent.
22. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that a second control unit (28) can be connected to the foaming agent delivery unit (4) to meter the foaming agent.
23. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the second control unit (28) can be connected to the speed sensors (27) and/or the first control unit (26).
24. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that an injection orifice (29) connected to the foaming agent delivery unit (4) is disposed in a connecting flange (13), preferably on an inlet end (15) of the first mixing unit (5) disposed upstream in the feed direction.
25. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the mixing unit (5, 18) has static or mechanically driven mixers or a combination of such mixers.
26. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the extrusion die (7) has a forming die and/or a fine-forming die and/or a cooling unit.
27. Extrusion apparatus as claimed in at least one of the preceding claims, characterised in that the first and/or second control unit (26, 28) is provided in the form of a control module (31).

1 page(s) of drawings appended hereto